

# Determinación de condiciones de estabilidad de la cancha de relaves de Tamboraque, Cía. Minera Nyrstar-Coricancha

## Determination of stability conditions sludge field Tamboraque Cia Minera – Nyrstar- Coricancha

Christian Breña Vásquez\*, Hugo Rivera Mantilla\*\*

RECIBIDO: 19/07/2015 - APROBADO: 22/12/2015

### RESUMEN

La cancha de relaves de la compañía minera Nyrstar - Coricancha ha sido motivo de preocupación del Estado peruano desde sus inicios. Su desplazamiento hacia abajo, es decir, con relación al río Rímac, ha sido una causa de impactos negativos. De manera adecuada y discreta, la compañía Nyrstar ha estado invirtiendo en investigación geotécnica y ejecución de obras para estabilizar el movimiento reptante de esta cancha de relaves, previniendo un colapso total del material y mitigando un gran impacto negativo sobre el río Rímac, de tal manera que los elementos químicos contenidos en el material de esta cancha de relaves no pueda alterar el equilibrio químico de estas aguas para consumo humano, previo proceso de clorinación, que son importantes para la capital del Perú. Estos trabajos no solo implican temas de geotecnia (ingenierías geológicas y civiles), sino también la prevención de impactos negativos sobre la zona y todas las áreas que implica la cancha de relaves de Nyrstar-Coricancha, antiguamente llamada Tamboraque, en la trayectoria del río Rímac. En realidad, es también un tema geopolítico (arte y ciencia aplicada al gobierno para tomar buenas decisiones y evitar impactos negativos). Lima, la capital del Perú, tendría serios problemas para el suministro de agua potable y se desataría una serie de problemas que pondría en riesgo la salud de los pobladores. Por eso es que se han tomado una serie de medidas de ingeniería para poder mitigar este impacto negativo. El tema de este artículo científico no es solamente geotecnia ambiental, sino también geopolítica.

**Palabras clave:** Investigación geotécnica, equilibrio químico, prevención, impactos negativos y geopolítica.

### ABSTRACT

The sludge field of the mining company NYRSTAR - CORICANCHA has been a concern of the Peruvian State since the beginning. Its downshift with regards to the Rimac River has been a cause of negative impacts. Properly and discreetly, NYRSTAR company has been investing in geotechnical investigation and execution of projects to stabilize the creeping movement of the sludge field preventing a total collapse of the material and mitigating a major negative impact on the Rimac River, so that the chemical elements contained in this sludge field cannot alter the chemical balance of these waters for human consumption before chlorination process that are important to the capital of Peru. These works not only involve Geotechnical (Civil and Geological Engineering) issues, but also the prevention of negative impacts on all areas involving the Rio Rimac path. This is actually also a geopolitical issue (Government policies to make good decisions and avoid negative impacts). If there would be a military conflict with another country, and in a war situation, there would be a possibility that a country in conflict could bombard the Coricancha Nyrstar sludge field formerly called Tamboraque, so Peru's capital Lima would have serious problems in the supply of drinking water which would endanger the health of the people. That is why a series of engineering measures have been taken to mitigate this negative impact. The theme of this scientific essay is not only environmental geotechnics but also geopolitical one.

**Keywords:** Geotechnical Investigation, Chemical Equilibrium, prevention, Negative Impacts and Geopolitics.

\*\* Docente de la EAP de Ingeniería Geológica de la UNMSM. E-mail: [hriveram@unmsm.edu.pe](mailto:hriveram@unmsm.edu.pe)

\* Estudiante de maestría en Geotecnia de la FIGMMG- UNMSM. E-mail: [christianbrena1964@yahoo.com](mailto:christianbrena1964@yahoo.com)

## I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación es muy interesante porque, además de las técnicas geológicas aplicadas, tiene una visión geopolítica: cómo a través de las ciencias geotécnicas se maneja adecuadamente el cuidado del medio ambiente de nuestro país (Mittal 1975).

### I.1. Área de estudio

Compañía minera Coricancha-Nyrstar desarrolla sus operaciones en la concesión de beneficio "Tamboraque", ubicada en el km 90 de la Carretera Central (Figura N° 1).

Este artículo tiene como base la documentación existente del depósito de relaves que está en el ítem de referencias. Esta cancha de relaves, en su mayor parte, contienen relaves filtrados de flotación de Au-Zn-Pb-Cu-Ag, así como concentrados de pirita, relaves de cianuración, lodos residuales de la planta de neutralización de drenaje ácido de roca, relaves provenientes del exdepósito de relaves N° 4 y los relaves del que fue el depósito de relaves de Mayoc (anterior depósito de relaves). Además se cuenta con información sobre la estabilidad física. RB: Referencia Bibliográfica

## II. MATERIAL Y MÉTODO DE ESTUDIO

A la cancha de relaves se le han introducido perforaciones de tajo anular para investigar las supuestas capas que han sido descargadas a través de los años de su funcionamiento. Se han creado perfiles de correlación material que se fueron formando, pero que a su vez han estado perdiendo su identidad por la densificación que se ha ido aplicando para estabilizar esta cancha que tiene un desplazamiento hacia abajo de 12 mm por año (Ver Figura N° 2). Como una de las medidas para evitar las filtraciones, se creó un subducto de captación de las aguas. Esto evita que los líquidos se interconecten con las arcillas y mitiga el aceleramiento del colapso del material de la cancha de relaves.

También se han corrido programas y softwares, como Slide, Geo5, GeoStudio, Phases, Swedge, etc., para verificar la estabilidad de los taludes de la parte superior de la cancha, para investigar la estabilidad temporal y que el transporte del material a la nueva cancha de relaves, denominada Chinchán, se realice con las medidas correctas de prevención de seguridad.

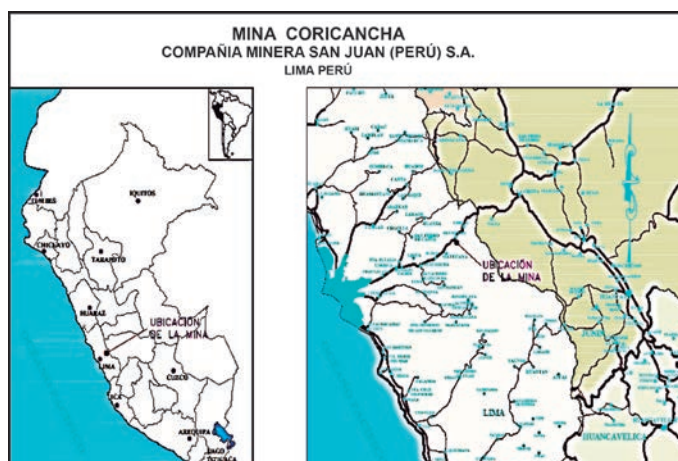


Figura N° 1. Ubicación de cancha de relaves.

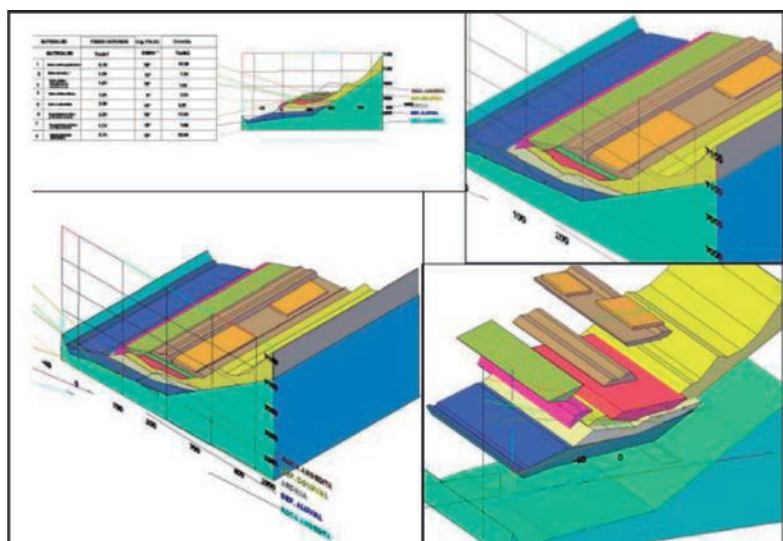


Figura N° 2. Esquemas en 3D de la cancha de relaves y las diferentes capas de la cancha de relaves con sus diferentes parámetros geotécnicos. RB: 1.-Sarada K Sarma - 1975 "Stability analysis of embankments and slopes (Imperial College Editorial).

### III. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Es objeto de este artículo presentar cómo se han realizado las alternativas de solución para que esta cancha de relaves no produzca impactos negativos con relación al río Rímac y evitar generar factores que afecten a la sociedad de Lima, de manera directa o indirecta. Este artículo se ha basado en investigaciones geológicas-geotécnicas-geomecánicas-ambientales, con el fin de mitigar siempre los impactos negativos.

El programa de exploración de campo llevado a cabo comprendió la ejecución de perforaciones mediante el sistema Wash Boring, para conocer las diferentes capas que en el pasado se depositaron en la cancha de relaves. De tal manera que, en algún momento hace 18 años atrás, se trató de detectar una capa de relave que tenía altas concentraciones de oro y poder reconcentrar y pasar nuevamente por la planta concentradora, pero como en esa investigación se detectó un desplazamiento de 12 mm por mes del material con dirección hacia el río, se determinaron dos alternativas de procedimiento: a) estabilizar mediante compactación y densificación del material para buscar estabilidad en el volumen total de la cancha, lo cual fue nefasto porque se perdieron las diferentes capas depositadas a través de la historia y no se pudo reconcentrar el material en la planta concentradora de la misma mina y b) trasladar todo el material hasta la cancha de relaves denominada Chinchán, a hora y media en tiempo real en camión, lo cual significó y significa gastos operativos muy onerosos.

#### 3.1. En la actualidad

El levantamiento topográfico de las canchas de relaves se realiza cada semana para registrar todos los cambios que se producen según el cambio geométrico, resultado del movimiento de tierra que se hace por el traslado del material de relave a la cancha de Chinchán. De tal manera que se lleva un control decametal topográfico para revisar que no existan taludes no menores de 38° ni ma-

yores de 42° grados, resultado de dos parámetros fundamentales: el promedio de los ángulos de fricción interna y de un triángulo notable, que es de 45-45-90, donde los catetos se equiparan en fuerzas Mpa y se consigue llegar a cero los empujes actuantes apoyados por la gravedad. De tal manera que, por seguridad, bajamos el ángulo a 42° para evitar casos extremos, sobre todo en materiales de baja cohesión, bajo peso unitario o bajo peso específico, comportándose como roca sedimentaria o suelo. Entonces, estos datos se deducen de los estereogramas (Figura N° 3), donde no existe un entrecruzamiento generado por las pendientes de los taludes, entre el análisis dinámico-cinemático que es de 38° y los taludes que no pueden bajar de 40°; de esta manera no hay un entrecruzamiento entre estos dos factores y no genera ZONA DE RIESGO.

#### 3.2. Contenido de la cancha de relaves

El depósito de relaves está cimentado sobre una terraza coluvial, constituida predominantemente por grava arcillosa ligeramente arenosa (GC), compacta, presentando espesores que varían aproximadamente entre 10 y 20 m.

Sobre el material de cimentación se encuentra un relave antiguo, constituido predominantemente por limo arenoso (ML) de baja plasticidad, muy compacto a duro, con presencia de algunos lentes de arcilla (CL) de baja plasticidad, blanda a medianamente compacta, provenientes de la planta de tratamiento de aguas ácidas. Sobre este relave antiguo, se encuentran los relaves provenientes del exdepósito de relaves N° 4, constituidos predominantemente por arcilla limosa arenosa (CL-ML) de baja plasticidad y medianamente compacta. Finalmente, sobre dichos materiales y ocupando la mayor parte de la superficie actual, se encuentran los relaves provenientes del exdepósito de Mayoc, constituido por grava arcillo-limosa, arenosa (GC-GM), muy compacta a dura. Los parámetros geotécnicos de este material se observan en la Tabla N°1.

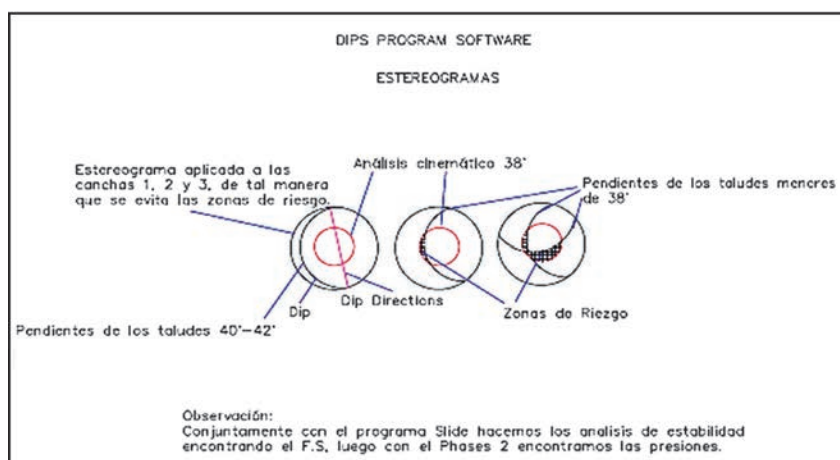


Figura N° 3. Este esquema muestra cómo se determinan las zonas de riesgo aplicando Dips, programa que determina las zonas de riesgo basándose en banco de datos de juntas, fallas.

**Tabla N° 1.** Cuadro de parámetros geotécnicos

	Material	Peso unitario (kN/m3)	Ángulo fricción interna (grados)	Cohesión (kPa)
1	Relave del exdepósito Mayoc	21.5	30	150
2	Relave del exdepósito N° 4	17.5	10	75
3	Relave antiguo	16	30	15
4	Relave arcilloso blando	16	2	25
5	Suelo de cimentación	20.5	38	10
6	Macizo rocoso	24	38	300
7	Recrecimiento (Proyectado)	21.5	30	150

#### IV. CONCLUSIONES

Para mitigar la descendencia, colapso o reptación del material de la cancha de relaves se adoptaron una serie de medidas, las cuales son: (Ver Figura No. 3)

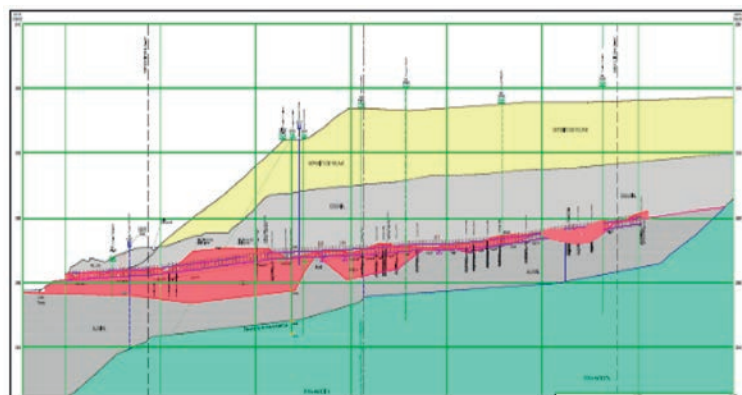
- Piezómetros, para conocer la presión de poros mediante el nivel freático.
- Estaciones pluviométricas para conocer el factor de origen de las filtraciones.
- Sistema colector de drenajes para la cancha de relaves para canalizar las escorrentías o lluvias y filtraciones, para tomar muestras e investigar los iones.

- La infraestructura de drenaje existente en los depósitos de relaves fue implementada para evitar el ingreso de agua a los depósitos, tanto a nivel superficial como subterráneo, y consta de las estructuras siguientes:

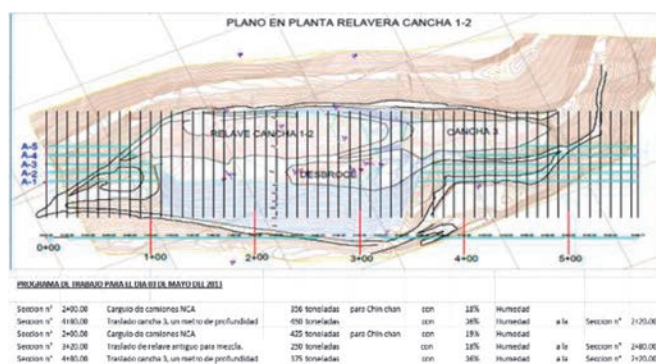
- Un subdrén dispuesto en la ladera natural, sobre la plataforma superior de los depósitos.
- Un canal de coronación dispuesto en la ladera natural sobre la plataforma superior de los depósitos.
- Una zanja colectora de infiltraciones dispuesta en el pie del talud de los depósitos.
- Una poza colectora del agua de infiltración y escorrentía dispuesta al pie del depósito, desde la cual se derivan dichos flujos a la planta de neutralización (Ver Figura N° 4 y 5).

- Estudios de análisis estáticos y pseudoestáticos para ver la situación de estabilidad de la cancha de relaves. RB: 5.- UNEP (1996) Environmental and Safety Incidents Concerning Tailing Dams at Mines. Mining Journal Research Services, London.

RB: 6.-UNEP (1997) Mining and Sustainable Development. Industry and Environment. UNEP: Vol. 2 No. 4, Oct-Dic.



**Figura N° 4.** Plano perfil del subdrén de la cancha de relaves de Coricancha como medida correctiva para la estabilidad química y física.



**Figura N° 5.** Datos y parámetros que se necesitan cumplir para un debido transporte de material de la cancha de materiales de la mina a Chinchan.



#### 4.1. Medidas de control

Se tuvo que analizar y realizar los siguientes aspectos técnicos operativos:

1. Evitar la dispersión de material particulado por acción del viento. Para ello es necesario controlar la humedad del relave a depositar.
2. Respecto al manejo del relave a depositar, se plantean dos situaciones:
  - a) A la salida de cualquier operación proveniente de mina o de planta que podría generar residuos ácidos (como se observa en la figura No. 5), será necesario controlar el pH para asegurar una adecuada neutralización antes de su traslado hacia el depósito de relaves.
  - b) De ser requerido, antes de disponer el relave en el depósito, se deberá aplicar a este una solución de cal con fines de neutralización; este procedimiento podría ser implementado y formar parte del manejo rutinario en el depósito.
  - c) Se estableció un método decametal de perfiles aplicado a la cancha de relaves, sus parámetros geotécnicos e información sobre la cancha de relaves, como se observa la Figura N° 6.

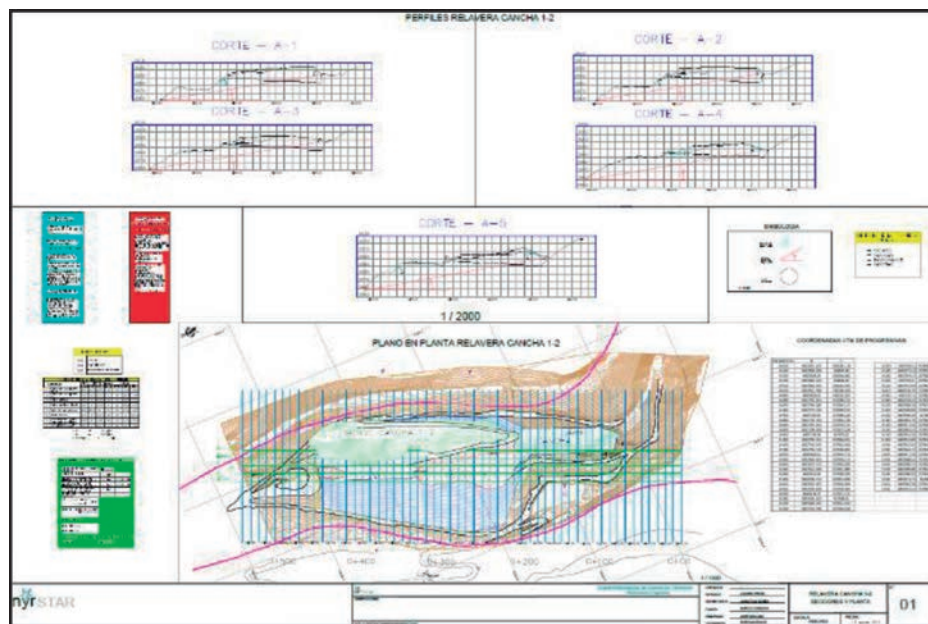


Figura N° 6. Material de perfiles

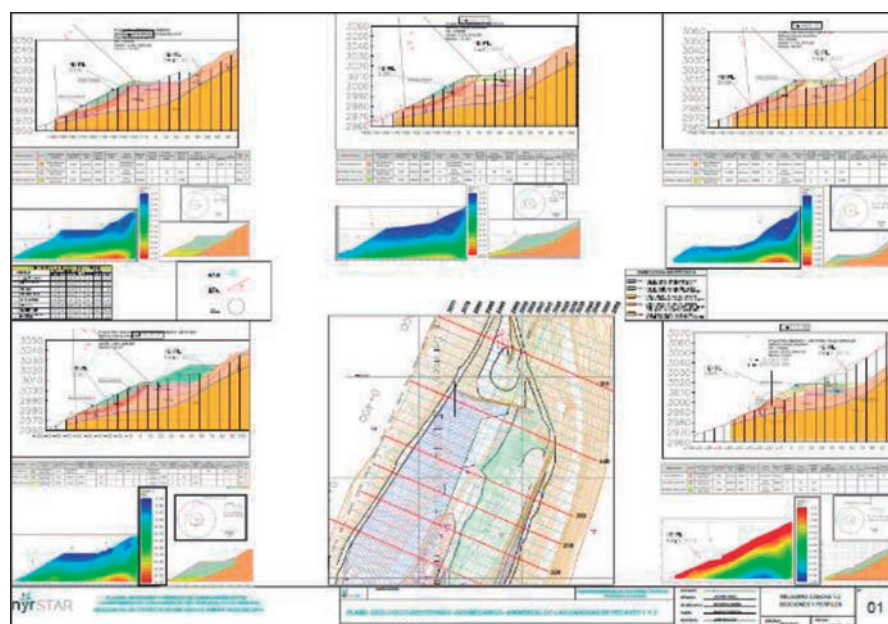


Figura N° 7. Son perfiles que se obtienen a partir del software Slide que determina los factores de seguridad y condiciones de estabilidad y perfiles de Phases que determina presiones con relación a su estabilidad. RB: 2.-Bishop, A.W. and Morgensen(1960). "Stability coefficients for earth slopes", (ASCE MANAGING Editorial)

3. Controlar el ingreso de agua al interior del depósito de cualquier origen, ya sea subterránea o superficial. De esta forma se estará previniendo la formación de drenajes.

La evaluación de la estabilidad física de la cancha de relaves se ha llevado a cabo para las condiciones de análisis estático y pseudoestático, usando y corriendo softwares como Slide, Phases 2 y Unwedge, etc. (como se observa en la Figura N° 7).

- El análisis estático evalúa la estabilidad del depósito en condiciones normales de operación, donde las únicas fuerzas desestabilizantes están constituidas por el peso propio del material y las presiones de poros presentes en el cuerpo de la presa.

El análisis pseudoestático, por otro lado, constituye una forma simplificada de evaluar la estabilidad del depósito en caso de la ocurrencia de un sismo.

Como conclusión, la compañía está removiendo el material del área de la mina Coricancha al área de Chinchán, para evitar que el colapso repentino afecte a las aguas del río Rimac. (Ver Figura N° 8 y 9). Y como recomendación se debe siempre conservar las medidas de seguridad que se mantienen hasta el día de hoy, como son los controles de humedad en 18% para su debido transporte, conservar los ángulos de las pendientes de los taludes en un rango de 38-42° para evitar colapsos de material. RB: 3.-Rivera Feijoo Julio (2001) "Diseño Estructural de Obras Hidráulicas" (Editorial CIP).

Mantener controlada la canalización que tiene una dirección definida, como se observa en las Figuras N° 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

## V. AGRADECIMIENTO

Agradezco el apoyo a la compañía Nyrstar-Coricancha por darme la oportunidad de poder laborar en esta empresa y poder aportar con un grano de arena al proceso de restablecer el equilibrio ambiental con la relación : cancha de relaves - ecosistema del área.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sarada K Sarma ( 1975 ) "Stability analysis of embankments and slopes (Imperial College Editorial).
2. Bishop, A.W. and Morgenstern, ( 1960 ) "Stability coefficients for earth slopes", (ASCE MANAGING Editorial)
3. Rivera Feijoo Julio (2001) "Diseño Estructural de Obras Hidráulicas", (Editorial CIP)
4. Mittal, H.K. and N.R. Morgenstern. (1975). "Parameters for the Design of Tailings Dams." Canadian-Geotechnical Journal Editor, Vol. 13, p. 277.
5. UNEP (1996) Environmental and Safety Incidents Concerning Tailing Dams at Mines. Mining Journal Research Services, London.

6. UNEP (1997) Mining and Sustainable Development. Industry and Environment. UNEP: Vol. 2 No. 4, Oct-Dic. Workshop on Risk Assessment and Contingency Planning. Nov. 5-6, 1998. ICME/UNEP (Memorias en preparación).



Figura N° 8. Ubicación de la mina con relación a la cancha de relaves y el río Rimac.

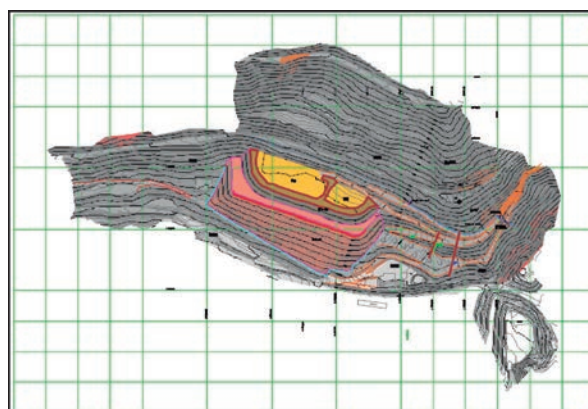


Figura N° 9. Plano topográfico geológico-geotécnico de la cancha de relaves.

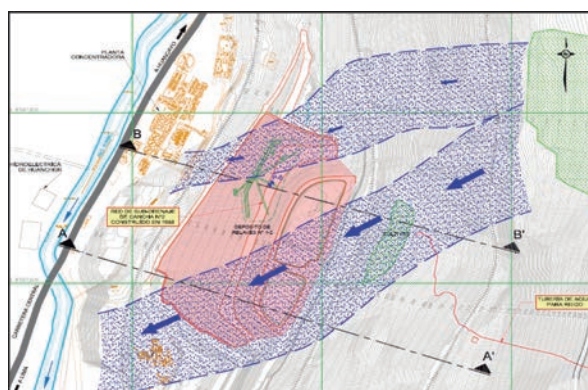
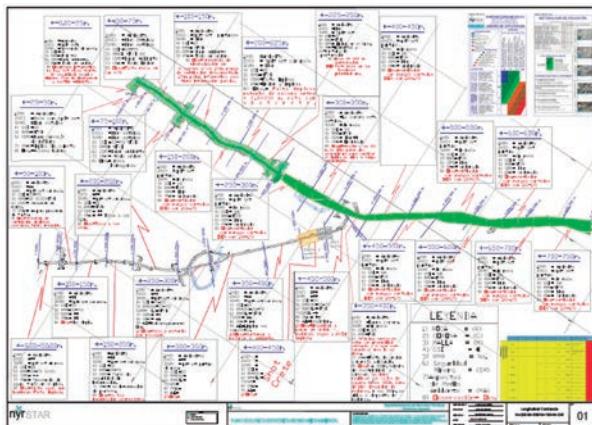


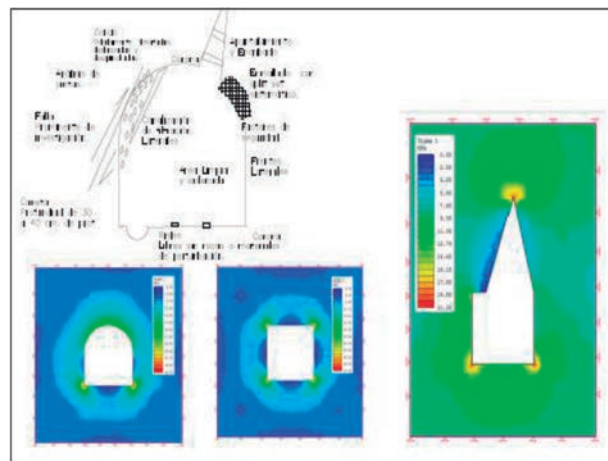
Figura N° 10. Plano topográfico con la orientación de las filtraciones con relación a la cancha de relaves.



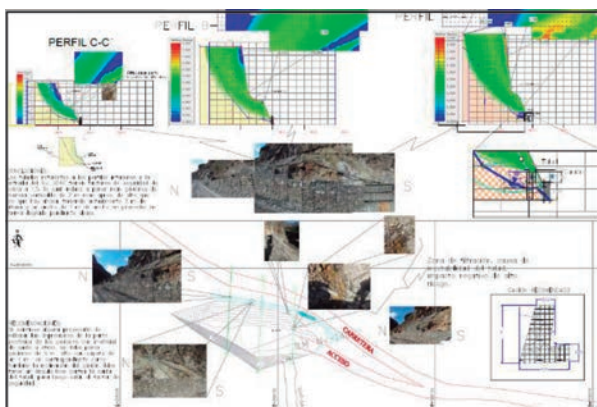
## VII. ANEXOS



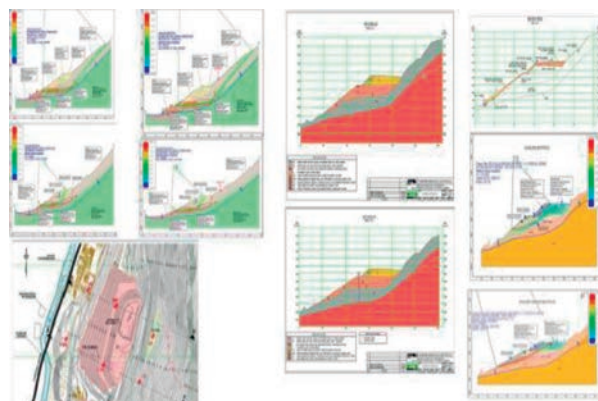
**Figura N° 11.** Representa la la galería perteneciente a la veta Constancia, veta principal de acceso a la mina en general. Este plano contiene datos geológicos-geomecánicos, seguridad minera, medio ambiente, estructuras de diseño, observaciones de mantenimiento, etc. Principal fuente de explotación minera que alimentó a la cancha de relaves.



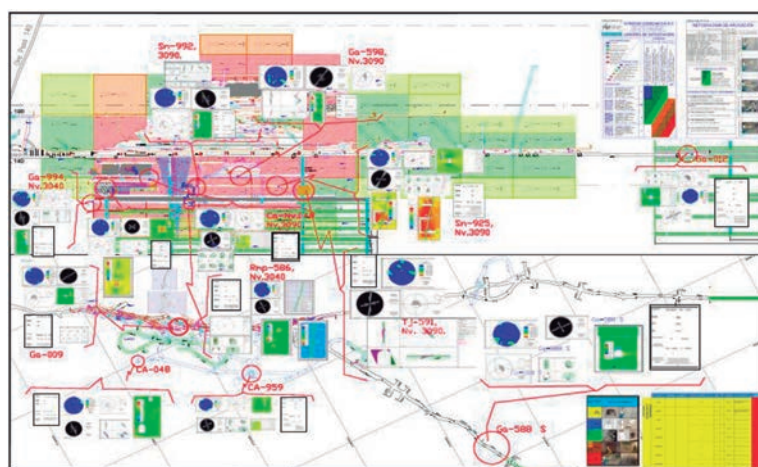
**Figura N° 13.** Programa Phaces, que determina bajo parámetros de presión la estabilidad de las galerías.



**Figura N° 12.** Representa los métodos de aplicación geotécnica para determinar los factores de seguridad y condiciones de estabilidad de la mina.



**Figura N° 14.** Perfiles referentes de la cancha de relaves aplicando el software Slide para determinar condiciones de estabilidad de la cancha de relaves.



**Figura N° 15.** Perfil de la veta principal Constancia, donde consta los datos geomecánicos aplicando también el programa Dips presentando la familia de juntas, ejes de esfuerzos de debilidad y el software Phaces.

